Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. H. F r a n k e

ERGEBNISSE STRÖMUNGSKALORIMETRISCHER UNTERSUCHUNGEN ZUR FRAGE DER WANGENDURCHBLUTUNG

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius - Maximilians - Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Werner Werth

aus Rockershausen / Saar

Würzburg 1956

Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. H. F r a n k e

ERGEBNISSE STRÖMUNGSKALORIMETRISCHER UNTERSUCHUNGEN ZUR FRAGE DER WANGENDURCHBLUTUNG

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius - Maximilians - Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Werner Werth

aus Rockershausen / Saar

Würzburg 1956

Tag der mündl. Prüfung:

18. Mai 1956

Referent: Professor Dr.med. H. F r a n k e

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg

Meinen lieben Eltern !

Die Durchblutung der Gesichtshaut und die von der Gesichtshaut ausgehenden thermorezeptorischen Reflexe im Rahmen der Wärmeregulation sind schon von verschiedenen Autoren (ASCHOFF[3,5,8], EBBECKE[22], FREEMAN und NICKERSON[25], KÖNIG[38], REIN[46] u.a.) untersucht worden. Dabei zeigte es sich, daß das Gesicht bezüglich der Thermorezeption und der Wärmeabgabe eine Sonderstellung gegenüber den anderen peripheren Gebieten des Körpers einnimmt.

Durch die überaus dichte Anordnung der Thermorezeptoren erscheint es als Thermorezeptionsorgan, als "Wärmetastfläche" des Körpers, und ist befähigt, Herz, Atmung und Kreislauf auf äußere Temperaturreize hin zum Zweck einer Temperaturkompensation zu steuern.

Bei Kühlung der Hundeschnauze fand REIN[46] eine Mehrdurchblutung im Carotisgebiet. Damit wurde erstmals tiefgreifende Beeinflussung des Blutdruckes entdeckt.

KÖNIG[38] beschreibt eine reflektorische Erhöhung des Grundumsatzes durch Applikation eines Eisstückchens auf die Stirnhaut. Von anderen Gegenden des Körpers war bei demselben Kalorienentzug keine auch nur annähernd so starke Wirkung zu erzielen.

Weitere Befunde, die zeigen, daß sich auch die Vasomotoren besonders stark vom Trigeminusgebiet in Gang setzen lassen, wurden von WEBER[53] und HENSEL[35] erhoben. So ist die Latenzzeit der Gefäßreaktion des Ohres auf einen Warmreiz im Trigeminusgebiet kürzer als bei der gleichen Reizsetzung im Unterarmgebiet (WEBER[53]). Durch leicht kühle Bewindung des Gesichtes läßt sich nach HENSEL[35] eine starke Vasokonstriktion der Hände auslösen.

EBBECKE[22] stellte auf Eintauchen des Gesichtes in kaltes Wasser den Schluckreflex fest und sieht ihn zusammen mit den anderen Trigeminusreflexen als "Wind- und Wetterreflex" (EBBECKE[23]) im Sinne eines Wärmeschutzes für den Kopf und damit für die nach SELLE[49] nur wirklich homiothermen Zentren.

Eintauchen des Gesichtes in kaltes und warmes Wasser ergab nach WAGNER, ATHANASION und BAUEREISEN[52] einen steilen initialen Anstieg des Blutdruckes vereint mit Bradykardie.

Die Bedeutung des Gesichtes für die Wärmeabgabe geht zunächst aus Vergleichsmessungen an der Körperoberfläche hervor, wobei die Temperaturänderung dieser Gebiete auf einen thermischen Reiz Aufschluß über ihr Regulierungsvermögen gibt.

KORTH und PROGER[42] und ASCHOFF[3,5] setzten Kaltreize an den Extremitäten. Dabei nahmen sie eine Mehrdurchblutung von Körperkern und Gesicht wahr, während die Wärmeverluste an der abgekühlten Stelle geringer wurden.

Bei Einwirkung von Kälte auf unbekleidete Personen maßen FREEMAN und NICKERSON[25] ein schnelleres Abkühlen der Extremitäten als des Rumpfes und des Kopfes.

Auch aus der Untersuchung des Tagesrhythmus der Temperaturen verschiedener Körperoberflächengebiete (ASCHOFF[8]) geht hervor, daß die Peripherie des Körpers sich nicht mit allen Teilen an der Wärmeabgabe gleichsinnig und gleichstark beteiligt. Während vielmehr die Gesichts- und die Rumpfoberfläche ein kernähnliches Temperaturverhalten zeigen, weisen die Extremitäten stärkere kompensatorische Durchblutungsschwankungen auf - und hier haben auch die distalen Anteile wiederum Bevorzugung

vor den proximalen (FREEMAN und NICKERSON[25], ASCHOFF[4,8]).

Für das oben geschilderte Temperaturverhalten des Gesichtes spricht auch eine Messung der Vasomotorik, die HERTZMANN und ROTH[37] an der Stirn anstellten. Auf einen in dem besagten Gebiet gesetzten Kältereiz fanden die Autoren das Ausbleiben spontaner Gefäßreaktionen. Der Kältereiz bewirkte Stirnhautreaktionen, die vor sich gingen wie entsprechende Reaktionen am sympathektomierten Finger, nämlich allmähliche Vasokonstriktion mit Abfall der Hautwärme. Ebenso wiesen sie auf das Fehlen einer Spontanrhythmik, das Fehlen vasokonstriktorischer Reflexe durch Schreck, Erwachen, tiefen Atemzug, Cold-pressure-Test und auf gelegentliche Anzeichen eines vasodilatatorischen Reflexes an der Stirnhaut zur Zeit einer kräftigen Gefäßkontraktion der Finger hin.

Weitere Bedeutung erlangt das Gesicht für die Wärmeabgabe als unbekleideter Körperteil beim Bekleideten gegenüber dem Nackten. Denn die Kleidung mindert mit ihrer Isolierkraft für Wärmestrahlung, -konvektion und Verdunstung die Regulierungsfunktion der bedeckten Körperpartie (KÖNIG[39]).

Die Wangenhaut wurde bisher zur Bestimmung einer Mehr- oder Minderdurchblutung auf direkten lokalen thermischen Reiz, soweit uns bekannt, nicht untersucht.

THRON[51] machte als erster eine für die Wärmeabgabe der Wange wichtige quantitative Angabe. Er ermittelte mit einem abgeänderten strömungskalorimetrischen Verfahren ihre Wärmeleitfähigkeit mit $1{,}2 \cdot 10^{-3}$ cal $cm^{-1} sec^{-1} {}^{o}C^{-1}$.

In der vorliegenden Versuchsreihe wurde mit dem strömungskalorimetrischen Verfahren nach ASCHOFF[2] und HENSEL[32,33] der Unterschied der

der Wärmeabgabe der Wangenhaut zwischen Mann und Frau und die Gefäßreaktion dieser Partie auf den thermischen Reiz von 31°C und 33°C beim Mann gemessen.

Dieses Verfahren liefert, wie beide Autoren nachgewiesen haben, ein zuverlässiges qualitatives und quantitatives Maß für die Durchblutung des untersuchten peripheren Gewebes.

METHODE

Durch einen auf die Haut aufgesetzten, nach der Seite hin gegen Wärmeverlust gut isolierten Meßkopf, fließt Wasser konstanter Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit. Infolge der von der Haut abgegebenen Wärme hat das zurückfließende Wasser eine höhere Temperatur als das einströmende oder eine niedrigere, falls die Gewebstemperatur geringer als die des Meßkopfes ist. Diese Temperaturdifferenz wird von einer Kette von Thermoelementen, die in den Zu- und Abflußweg des Meßkopfes eingeschaltet ist, in Gleichstrom umgewandelt. Ein Photozellenkompensator verstärkt die Gleichspannungen für die Registrierung mit dem Linienschreiber. Die Kalorimetertemperatur ist mittels eines Kontaktthermometers auf die gewünschte Höhe einstellbar.

Der durch die strömungskalorimetrische Methode gemessene Wärmefluß ist in seiner Richtung und Größe abhängig:

1) von der Differenz zwischen Blut- und Kalorimetertemperatur,
2) von der Wärmeleitfähigkeit der nichtdurchbluteten Haut und
3) von der zusätzlichen Wärmeleitfähigkeit infolge ihrer Durchblutung.

Von diesen Faktoren ist die Kalorimetertemperatur, die physikalische Wärmeleitfähigkeit und auch für die Dauer der Messung die Bluttemperatur gleichbleibend.

- In den verschiedenen Körpergebieten ist die Bluttemperatur wohl unterschiedlich (ASCHOFF[8], BAZETT, LOVE, NEWTON, EISENBERG, DAY und FORSTER[10], BAZETT, MENDELSON, LOVE und LIBET[11], BAZETT[12], BRÜCK und HENSEL[16], DEMLING und ZACH[20]). Sie ist jedoch für den unter dem Meßkopf liegenden Hautbezirk, als sogenannte "Innentemperatur" dieser Oberfläche, weitgehend konstant, falls sich die Versuchspersonen vor Messungsbeginn unter Beachtung der Umgebungsbedingungen der Ruhe unterzogen haben. -

Als einzige Variable verbleibt somit die durchblutungsbedingte Wärmeleitfähigkeit. Eine zunehmende Durchblutung führt zu einer vermehrten Durchsaftung des Gewebes (konduktiver Anteil der durchblutungsbedingten Wärmeleitfähigkeit) und zu einem zusätzlich vermehrten Herantransport von Wärme (konvektiver Anteil) (ASCHOFF[6], BÜTTNER[17], HENSEL[31,34]). Je stärker die Durchblutung, umso größer die Wärmeleitfähigkeit und umso größer die Wärmeabgabe, je schwächer die Durchblutung desto kleiner die Wärmeleitfähigkeit und desto geringer die Wärmeabgabe. Der abgegebene Wärmestrom der Haut, gemessen in Kalorien pro Zeit- und Flächeneinheit, ist somit ein quantitativ relatives Maß für das periphere arterielle Stromzeitvolumen (HENSEL[35]).

Mit der Methodik der Strömungskalorimetrie nach ASCHOFF[2] und HENSEL[32,33] messen wir das Temperaturgefälle der Gewebstemperatur zur Kalorimetertemperatur in °C. Mit den übrigen bekannten Werten ist dann die Größe des Wärmestromes rechnerisch zu erfassen.

Beziehen wir die von KOHLRAUSCH[40] NEWTON zugesprochene Grundgleichung

$$Q = D \cdot a \cdot b \cdot V \quad (cal)$$

Q = Wärmemenge (cal).
D = Temperaturdifferenz (^oC).
V = Volumen der Durchflußmenge (cm^3).
a = spez. Gewicht ($g\ cm^{-3}$).
b = spez. Wärme ($cal\ cm^{-3}\ g^{-1}$).

auf Fläche und Zeit und setzen die bekannten Werte der Kalorimeterflüssigkeit a und b ein,

$$a = 1g\ cm^{-3},$$

$$b = 1cal\ cm^{-3}\ g^{-1},$$

so erhalten wir den Wärmestrom $\frac{Q}{F \cdot t}$. $\frac{Q}{F \cdot t}$ sei mit q bezeichnet.

$$q = \frac{D}{F} \cdot \frac{V}{t} \quad (cal\ cm^{-2}\ sec^{-1}).$$

F = durchströmte Fläche des Meßkopfes (cm^2).

t = Durchflußzeit (sec).

Da $0{,}03^oC$ einen Teilstrich des Linienschreibers aussteuern, beträgt die Temperaturdifferenz $D = s \cdot 0{,}003^oC$ - wobei s die Anzahl ausgesteuerter Teilstriche darstellt. Und wir erhalten mit weiterem Einsetzen von $F = 10\ cm^2$ und D den Wärmestrom q.

Wärmeströme, gemessen im Strömungskalorimeter, sind aber nur bei gleicher Temperaturdifferenz vergleichbar. Ein relatives Durchblutungsmaß, das sich auch bei verschiedenen Temperaturen vergleichen läßt, ist die Wärmedurchgangszahl K:

$$K = \frac{q}{D_i - D_c} \quad (cal\ cm^{-2}\ sec^{-1}\ sec^{-1}\ {}^oC^{-1}),$$

wobei D_i die sogenannte "Innentemperatur" des gemessenen Hautbezirkes

und D_c die Kalorimetertemperatur darstellen.

Als Meßempfindlichkeit gibt HENSEL[31] für seine Methode, je nach der Strömungsgeschwindigkeit, bis zu $1{,}0 \cdot 10^{-5}$ cal cm^{-2} sec^{-1} bei einer Einstellzeit von 5 Sekunden an. Die mittlere Fehlerbreite betrage $2 \cdot 10^{-5}$cal cm^{-2} sec^{-1} (HENSEL[35]).

Die vorliegenden Messungen erfolgten synchron-symmetrisch mit zwei Kalorimetern. Die Kalorimetertemperaturen betrugen 31 und 33°C. Diese Temperaturen übten keinen Einfluß auf das subjektive Befinden der Versuchspersonen aus.

Durch die enge durchblutungsmäßige Verwandtschaft von Gesicht und Körperkern, worauf ASCHOFF[3,5,8], FREEMAN und NICKERSON[25], KORTH und BROGER[42] und andere hinweisen und wie auch die Untersuchung von HERTZMANN und ROTH[37] ergeben hat, geht ein ziemlich einheitlicher Temperaturgang der Gesichtshaut hervor. Die gewählten Kalorimetertemperaturen dürften daher auch keine wesentliche Änderung ihrer Bluttemperatur bewirken. Hieraus läßt sich mit Vorsicht die Rechtfertigung ableiten, die Berechnung der zu den Kalorimetertemperaturen von 31 und 33°C zugehörigen Wärmedurchgangszahlen K_1 bzw. K_2 mit der Bluttemperatur der Wangenhaut durchzuführen. Unter der Annahme, daß diese, entsprechend der örtlichen Lage des Gebietes zum Kern, bei den angewandten Versuchsbedingungen etwa der Oraltemperatur gleichkommt, wurde letztere bei der Auswertung verwendet. Ihre Bestimmung erfolgte während einer Meßdauer von 7 Minuten sublingual und bei geschlossenem Mund. Unter diesen Bedingungen liegt sie nach CRANSTON, GERBRANDY und SNELL[19] 0,35°C unter der Rektaltemperatur.

Für die Ausrechnung des Wärmestromes entnahmen wir der Kurve den

nach 5 Minuten registrierten Wert. Die Wahl des Zeitpunktes wurde nach einer Untersuchung getroffen, deren Ergebnis hier vorausgenommen sei:

Der jeweilige Vergleich der 5- und 8-Minutenwerte der Wärmedurchgangszahl K_2 ergab bei 150 Messungen von 57 gesunden und leichtkranken männlichen Versuchspersonen im Alter zwischen 18 und 65 Jahren keine Differenz.

Tritt kein Anstieg oder Abfall im Kurvenverlauf mehr ein, so ist nach HENSEL[35] der abgegebene Wärmestrom nur durch den ständigen Nachtransport von Wärme durch den Blutstrom abzüglich der geringen Wärmemenge durch den Eigenstoffwechsel der Haut und durch die minimale Wärmeleitung der subkutanen Fettschicht bedingt.

Der an der Messung beteiligte Personenkreis setzte sich aus Gesunden und ausgesprochen Leichtkranken zusammen. Die Zahl der Versuchspersonen ist bei den einzelnen Meßreihen verschieden und wird dort neben Alter und Geschlecht angeführt.

Während des Meßvorganges befanden sich die Untersuchten in bequemer Sitzlage. Entweder hielten sie sich bei einer als angenehm empfundenen Armabstützung die Meßköpfe selbst synchron-symmetrisch an die Wangen oder es wurde diese Aufgabe von einer Assistenz übernommen.

Mangels einer Klimaanlage konnte eine Änderung der Raumtemperatur während des Meßvorganges von $\pm$ 1°C nicht verhindert werden. Ihr Mittelwert war 23°C.

Die Versuchspersonen trugen sommerlich leichte Kleidung. Vor Messungsbeginn befanden sie sich eine halbe Sunde im Versuchsraum.

E R G E B N I S S E

1. Zur Frage des Unterschiedes in der Wärmeabgabe zwischen Mann u.Frau.

Zur Fragestellung eines eventuellen Unterschiedes in der morgendlichen Wärmeabgabe der Wange zwischen Mann und Frau wurden 18 Frauen u. 20 Männer im Durchschnittsalter von 40 bezw. 45 Jahren in nüchternem Ernährungszustand gemessen und ihre Wärmedurchgangszahlen (Mittelwerte von K_1 und K_2) auf die Körperoberfläche bezogen. (Die Oberflächen wurden nach DUBOIS und DUBOIS[21] bestimmt). Siehe Abb. 1.

Bei beiden Geschlechtern zeigt sich im Kollektiv mit zunehmender Körperoberfläche ein linearer Anstieg der Wärmedurchgangszahl. Verlängern wir die Geraden unter Beibehaltung ihrer Richtung so, daß sie gemeinsam über den gleichen Oberflächenbereich zu liegen kommen, so stellen wir eine Konvergenz mit abnehmender Größe der Körperoberfläche fest. Daraus errechnet sich ein absoluter Unterschied zwischen den Werten von Mann und Frau. Der Mann liegt in der Wärmeabgabe der Wange um 10 % höher als die Frau.

Zu dieser Darstellung ist in der zugehörigen Abbildung (Abb.1) die Gesamtwärmeabgabe des menschlichen Körpers (in Calorien pro Stunde unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht) (Werte des Standards nach BOOTBY und Mitarbeiter[14]), auf die den Versuchspersonen entsprechenden Oberflächengrößen bezogen, wiedergegeben.

2. Zur Frage der Wirkung thermischer Reize auf die Hautoberfläche.

Ein Vergleich der Wärmedurchgangszahlen der Wangenhaut bei den

Kalorimetertemperaturen von 31°C (K_1) zu denen von 33°C (K_2) zeigt eine auffallende Differenz, deren Größe zudem variierte. Die K_1-Werte lagen in der Mehrzahl der Fälle niedriger, zum geringen Teil auch höher, als die K_2-Werte. Da die Kalorimetertemperatur von 33°C nahe der Hautinnentemperatur liegt - die ja etwa in der Oraltemperatur gesehen wurde - dürfte ihre Wirkung auf die Wangengefäße weniger groß sein und die Gewebsdurchblutung kaum beeinflussen. Die Differenz zwischen K_1 und K_2 und ebenso ihre Änderung ist also offensichtlich der Kalorimetertemperatur von 31°C zuzuschreiben, die im Sinne eines thermischen Reizes den Vasotonus der peripheren Wangengefäße beeinflußt.

Das Ziel der folgenden Untersuchung sollte sein, eine etwa vorhandene Gesetzmäßigkeit zwischen der Größe der Gewebsdurchblutung der Wangenhaut (K_2) einerseits und der Qualität und Quantität der Reaktion auf den Reiz von 31°C andrerseits herauszuarbeiten. Zu diesem Zweck wurden 57 Männer in 150 Messungen untersucht. Ihr Alter lag zwischen 18 und 65 Jahren.

Als Maß der Reaktionsgröße wurde das prozentuale Verhältnis des 5-Minutenwertes der Wärmedurchgangszahl K_2 (K_2 = 100 %) zu dem 5-Minutenwert der Wärmedurchgangszahl K_1 gewählt. Eine Änderung von K_1 zu K_2 wurde dann in der Größenordnung Prozent-Abnahme errechnet, die wir zu der entsprechenden Wärmedurchgangszahl K_2 im Koordinatensystem in Beziehung setzten (Abb.2). Die auf diese Art gefundenen prozentualen Größen aus den Einzelmessungen, die auch in der zugehörigen Abbildung zu ersehen sind, wurden über bestimmte gleichgroße K_2- Bereiche arithmetisch gemittelt.

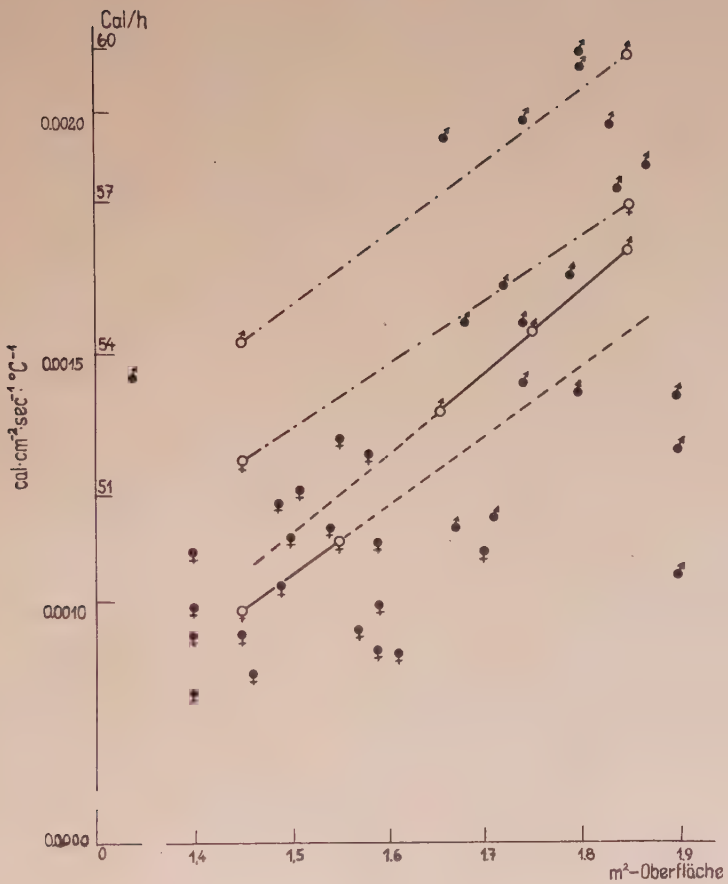

Abb. 1. Die Wärmedurchgangszahl der Wange und der Grundumsatz als Funktion der Körperoberfläche bei 20 Männer und 18 Frauen. (Grundumsatzberechnung nach BOOTBY, BERKSON und DUNN[14], Körperoberflächenberechnung nach DUBOIS und DUBOIS[21]).

• Einzelmessung — · — Grundumsatzwert (Cal/h)

o Mittelwert ——— Wärmedurchgangszahl der Wange

Die Ergebnisse, die aus der graphischen Wiedergabe hervorgehen, seien tabellarisch zusammengestellt.

Zahl der Messungen	K_2 (10^{-4} cal cm^{-2} sec^{-1} $^oC^{-1}$)	%Abnahme von K_1	Qualität der Gefäßwirkung
	= 10,5	0	-
147	> 10,5	+	Konstriktion
3	< 10,5	-	Dilatation

Zusätzlich ändert sich das Maß des Anstiegs während des Kurvenverlaufes, d.h. die zahlenmäßige Größe der Reaktion zu dem Maß der Durchblutung. Eine diesbezügliche Auswertung der Kurve wäre hier jedoch nicht sinnvoll Denn bei der Bezugnahme von K_1 zu K_2, wobei K_2 = 100%, wird dem physiologischen Umstand nicht Rechnung getragen, daß der Wärmedurchgang der lebenden menschlichen Haut, selbst bei stärkster Vasokonstriktion nicht auf K=O, sondern nur bis zu einer bestimmten Minimalgröße absinkt. Unter der Annahme, daß der durch die Vasokonstriktion bedingte Tiefstwert der Durchblutung und damit die entsprechende Wärmedurchgangszahl erreicht wird, wenn sich auf einen gesetzten Kältereiz hin die Wärmeabgabe nicht weiter verringert, wird diese Wärmedurchgangszahl in

$$K \sim 10{,}5 \cdot 10^{-4} \text{ cal } cm^{-2} \text{ } sec^{-1} \text{ } ^oC^{-1}$$

vermutet. (Der Durchtrittspunkt der Kurve durch die Abzissenachse wird von nur 3 Messungen entscheidend beeinflußt. Eine genauere Angabe des besagten K-Wertes dürfte daher fragwürdig erscheinen.)

Um eine den wirklichen Verhältnissen entsprechende Wiedergabe der Reaktionsgröße zu erhalten, wurde die oben behandelte Kurve auf ein System umgerechnet, dessen Bezugspunkt K_2-$10{,}5 \cdot 10^{-4}$ cal cm^{-2} sec^{-1} $^oC^{-1}$ = 100% ist.

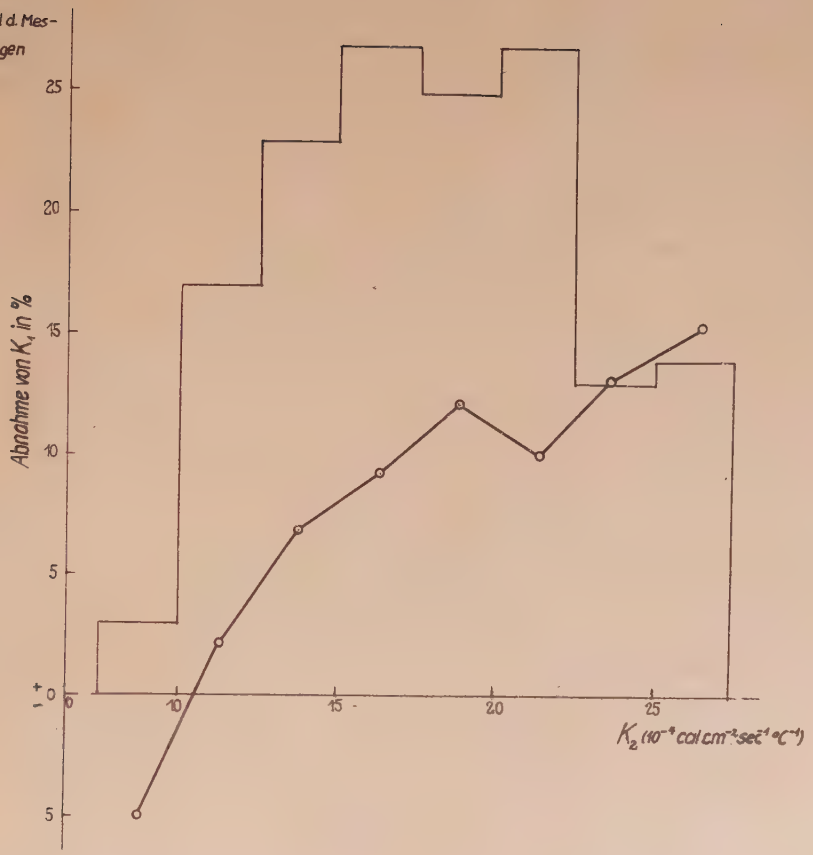

Abb. 2. Die Reaktion der Wangenhaut als Funktion der Kalorimetertemperatur, wobei der prozentuale Abfall von K_1 zu K_2 (K_2 = 100%) eingesetzt ist. (Auf die Ordinate ist außer der Größe der Prozentabnahme auch die Anzahl der Messungen pro K-Bereich von $2{,}5 \cdot 10^{-4}$ cal cm^{-2} sec^{-1} °C^{-1} abzulesen).

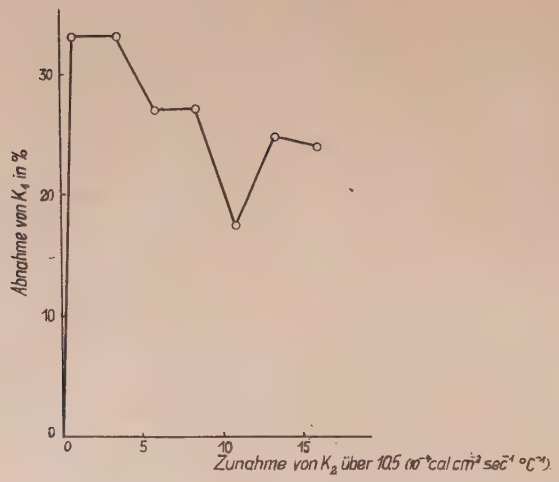

Abb. 3. Die Gefäßreaktion der Wangenhaut als Funktion der Kalorimetertemperatur, wobei der prozentuale Abfall von K_1 zu K_2 (K_2-10,5·10^{-4} cal cm^{-2} sec^{-1} $°C^{-1}$ = 100%) eingesetzt ist.

Auf die Abzisse wurde die Zunahme von K_2 über 10,5·10^{-4} cal cm^{-2} sec^{-1} $°C^{-1}$ aufgetragen, auf der Ordinate wiederum die Abnahme von K_1 zu K_2 in Prozenten (Abb. 3).

Die sich daraus ergebende Darstellung besagt hinsichtlich der Wirkungsgröße des thermischen Reizes von 31°C folgendes aus:

Von K_2 10,5·10^{-4} cal cm^{-2} sec^{-1} $°C^{-1}$, wo keine vasotonische Reaktion zu verzeichnen ist, steigt die Vasokonstriktion mit zunehmender Wärmedurchgangszahl sprunghaft an, um dann bei guter Durchblutung wieder abzunehmen. Die Größe des Abfalles von K_1 zu K_2 beträgt im Mittel im letzten Be-

reich ungefähr 25 %. Eine Aussage über die Größe des Wärmereizes zu machen, ist, wie schon oben erwähnt, wegen der geringen Anzahl der Messungen in diesem Bereich, nicht möglich.

Spontanrhythmische Schwankungen waren bei den einzelnen Messungen nicht festzustellen.

D I S K U S S I O N

a. Zur Methode.

Untersuchungen über die Wärmeabgaben von Teilgebieten des menschlichen Körpers zur Erforschung der im Dienste der Wärmeregulation stehenden thermorezeptorischen Reflexe werden erst in relativ jüngster Zeit mit Erfolg geführt. Dies liegt nicht zuletzt im Methodischen begründet.

Der Versuch durch wärmetechnische Meßverfahren zu einem objektiven Kriterium der Hautdurchblutung zu gelangen, führte zunächst zur Messung der Hauttemperatur, die in Form der modernen thermoelektrischen Methode in Klinik und Forschung Eingang fand, und die nach HENSEL[35] heute zu den meist angewandten Verfahren auf diesem Gebiet gehört. Die Vorteile jedoch, daß diese Methode an jeder Körperstelle anwendbar ist, die Blutzirkulation und das Allgemeinbefinden der Versuchsperson in keiner Weise stört, können aber den Nachteil der Abhängigkeit von den sog."äußeren Wärmeübergangsbedingungen" an der Hauptoberfläche (Schweißsekretion Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung, Umgebungstemperatur, Wärmestrahlung)

nicht aufwiegen. Die Hautoberflächentemperatur ist nach ASCHOFF[7], FRANKE und SCHRÖDER[24], HENSEL[35], KÖNIG[38], und WETZLER und NEUROTH[54] kein zuverlässiges Maß der peripheren Durchblutung. BOURTON und BAZETT[15] ziehen auch die Messung der Veränderung der Wärmeleitfähigkeit der Haut der Hauttemperaturbestimmung zur Untersuchung der peripheren Zirkulation vor.

Andere Verfahren haben ebenso Nachteile. Sie tragen zum Teil Fehlerquellen in sich, zeigen nur begrenzte Anwendbarkeit, sind umständlich in der Handhabung oder es ist mit ihnen keine fortlaufende Registrierung möglich. So übt FRIEDELL[26] an der Fingerplethysmographie nach GOETZ[27] und an der Kapillarmikroskopie Kritik, und FRANKE und SCHRÖDER[24] erscheint das moderne Isotopenverfahren nach FRIEDELL[26] mit J_{131}-Serum-Albumin für den praktischen klinischen Gebrauch zu umständlich. Sie geben auch der Strömungskalorimetrie nach ASCHOFF[2] und HENSEL[32,33] den Vorzug vor der photoelektrischen Plethysmographie, die nach MATTHES[45] und KRAMER angewandt wird.

Bei den vorliegenden Untersuchungen bestätigten sich die positiven Meinungen über die vergleichende Strömungskalorimetrie nach HENSEL. Ohne Belästigung oder Schädigung der Versuchspersonen und bei bequemer Handhabung gestattet diese Methode qualitativ und quantitativ fortlaufend an mehreren Körperstellen gleichzeitig vergleichend zu registrieren. Die kleinste Schwankung der peripheren Durchblutung wird mit ihr wahrgenommen. Ihr bedeutender Vorteil gegenüber der Hauttemperaturmessung liegt in der Unabhängigkeit von den sog. "äußeren Wärmeübergangsbedingungen" für die gemessene Hautpartie.

b. Zur Frage des Unterschiedes der Wärmeabgabe zwischen Mann und Frau.

Es gelang mit der geschilderten Methode, Unterschiede in der Wärmeabgabe der Wange zwischen Mann und Frau herauszustellen. Sie besagen, daß der Mann in der Wärmeabgabe absolut höher liegt als die Frau und daß mit steigender Körperoberflächengröße bei beiden Geschlechtern eine Zunahme der Wärmeabgabe zu verzeichnen ist. Bei diesen Relationen drängt sich ein Vergleich mit den Werten der Grundumsatzbestimmung auf.

Grundumsatzunterschiede zwischen Mann und Frau sind sowohl der absoluten Höhe nach, als auch nach der Größe der Körperoberfläche für beide Geschlechter bekannt. (Hinsichtlich der Bezugnahme des Grundumsatzes auf die Körperoberfläche scheint nach LANG und RANKE[43] das Oberflächengesetz für gleiche Lebensalter eine gute Näherung zu geben.) Die nach der Grundumsatzbestimmung errechneten Kalorien pro Stunde (nach dem Standard von BOOTBY, BERKSON und DUNN[14]), verglichen bei gleicher Körperoberflächengröße und dem mittleren Lebensalter der Versuchspersonen ergeben beim Mann eine um 5% größere Wärmeabgabe als bei der Frau. Dagegen geht aus der vorliegenden Versuchsreihe hervor, daß die Wärmedurchgangszahl der Wange des Mannes um 10 % die der Frau übersteigt. Die Differenz zwischen Grundumsatz und Wärmedurchgangszahl der Wange findet ihre Erklärung in der besonderen Bedeutung der Wange für überschüssige Wärme als unbekleideter Körperteil beim Bekleideten gegenüber dem Nackten (KÖNIG[39]).

Der deutliche Unterschied zwischen Mann und Frau in der Wärmeabgabe, der zu dem Grundumsatzverhalten in direkter Beziehung steht, wirft erneut die Frage auf - nachdem HATFIELD[30] schon darauf hingewiesen hat - ob die Wärmeabgabe eines umschriebenen Hautbezirkes ein Kriterium des Grundumsatzes sein könnte. HATFIELD[30] gibt mit dem heat-

flohmeter ein annähernd strömungskalorimetrisches Verfahren an, das sich sowohl zur Messung lokaler Durchblutung eigne, als sich mit ihm auch Anhaltspunkte zum Grundumsatz finden ließen.

Interessant ist auch ein Bericht von ROTH und SHEAD[47], die unter Grundumsatzbedingungen Finger- und Zehenmessungen anstellten und den Kalorienzuwachs, bedingt durch Nahrungsaufnahme, in Beziehung zum Energieumsatz setzten. Bei festliegenden Umgebungsbedingungen stieg die Hauttemperatur nahezu proportional zum Energiezuwachs an.

Verschiedene Probleme müßten noch zur Beantwortung der obigen Frage geklärt werden. So dürfte wechselnde Schichtdicke der Gewebe im Einzelfall maßgeblich den Wärmedurchgang beeinflussen. Das pathologische Verhalten der Hauttemperatur bei Durchblutungsstörungen führt zu weiteren Fehlerquellen der Methode. (HAMM und METZ[29]). - Nach SCHOFFA[48] muß auch für die in der Praxis geübten Grundumsatzbestimmungen eine Fehlerbreite von ± 10 % angenommen werden. - Und schließlich dürfte die Empfindlichkeit verschiedener Körpergebiete auf Temperaturreize schwierig zu erfassen sein. Speziell die Wangenhaut zeigt, wie anschließend beschrieben, schon gegenüber äußerst geringen thermischen Reizen eine starke Reaktion, die wohl ein gewisses gesetzmäßiges Verhalten zeigt und deshalb darin auch möglicherweise kalkulierbar wäre.

c. Zur Frage der Wirkung thermischer Reize auf die Hautoberfläche.

Die durch äußere Umstände verursachte Änderung der Hauttemperatur wird stets durch gegensinnige Maßnahmen des Organismus kompensiert. So tritt nach LEWIS[44] bei Einwirkung lokaler Temperaturapplikationen unterhalb der Hautoberflächentemperatur eine Vasokonstriktion ein. Bei Temperaturen zwischen 10 bis 20°C, individuell variierend, werde ein

direkter lähmender Einfluß im Sinne einer Gefäßerweiterung wirksam. Bei Temperaturen oberhalb der Hauttemperatur vergrößere sich die Hautdurchblutung progredient.

ALLWOOD[1] fand eine Durchblutungszunahme der Hand bei einer Kalorimetertemperatur von 25°C aufwärts.

Der Unterarm verhielt sich nach BARCROFT[9] bei absolut niedrigen Temperaturen ähnlich.

Eine Messung der Fußdurchblutung ergab nach COOPER[18] eine Durchblutungsvermehrung von spätestens 30°C Kalorimetertemperatur aufwärts.

GREENFIELD und Mitarbeiter[28] untersuchten Zehen und Vorfuß. Bei 12 bis 15°C sei weder eine initiale Zirkulationshemmung noch eine Kältevasodilatation festzustellen.

Über Messungen in dem Temperaturbereich, der bei der vorliegenden Versuchsreihe angewandt wurde (32°C), berichtet COOPER[18]. Die Hand reagierte unterhalb von 32°C vorübergehend vasokonstriktorisch, oberhalb davon vasodilatatorisch.

BAZETT und Mitarbeiter[13] geben 29 - 32°C als mittlere Hauttemperatur an und stimmen auch mit dem von HERRINGTON[36] ermittelten Wert (32°C) überein.

Bei unserer mit der HENSEL'schen Methodik durchgeführten Versuchsreihe von 150 Einzelmessungen unter gleichen Versuchsbedingungen zeigte sich, daß die peripheren Gefäße der Wangen schon auf einen thermischen Reiz von 31°C vasotonisch reagieren. Diesen Kompensationsbestrebungen liegen bestimmte Gesetzmäßigkeiten zugrunde.

Die Qualität der Gefäßwirkung hängt von dem Durchblutungszustand des Gewebes ab. So wird der lokale Konstriktorenmechanismus unterhalb der vermuteten stärksten Vasokonstriktion durch den Vasodilatatorenmechanismus überwunden. - Dieser Effekt, der sich auch bei normal durch-

bluteter Wangenhaut auf starke Kaltreize einstellt (EBBECKE[22]), läßt sich zwanglos nach EBBECKE[23] als Schutzmaßnahme des Organismus zur Erhaltung der Homiothermie der nervösen Zentren im Kopfinnern erklären.

Eine Abhängigkeit der Quantität vom Durchblutungszustand ist wohl vorhanden, doch schreitet die Durchblutungsänderung nicht progredient fort. Vielmehr zeigt sich bei normal durchbluteter Wangenhaut, mit zunehmender Durchblutungsgröße (K) ein langsamer Rückgang der vasokonstriktorischen Einstellung der Gefäße. Von besonderem Interesse ist die überraschend starke Reaktion kurz oberhalb von $K = 10{,}5 \cdot 10^{-4}$ cal cm^{-2} sec^{-1} $^{o}C^{-1}$. In dem sprunghaften Anstieg der Kurve könnten wir den Hinweis finden, daß die Reaktion der Hautvasomotoren durch die thermorezeptorische Bevorzugung dieses Gebietes präciser erfolgt. Jedenfalls spricht aus dem Verhalten eine hohe Empfindlichkeit des peripheren Vasomotoriums.

Zum anderen müssen wir der Wangenhaut auch wieder eine Eigenschaft zusprechen, die HERTZMANN und ROTH[37] bei der Untersuchung der Stirn fanden. Es fehlt ihr die Spontanrhythmik.

Die oben besprochenen Ergebnisse weisen darauf hin, daß die Wangenhaut an der Feineinstellung der Wärmeregulation wesentlich teilnimmt. Damit erlangt sie insbesondere für die Erhaltung der Temperaturkonstanz der lebenswichtigen Zentren im Kopfinnern große Bedeutung. Die beobachteten überraschend großen Gefäßreaktionen auf kleine Temperaturreize lenken die Aufmerksamkeit aber auch auf den von THAUER[50] vermuteten Zusammenhang zwischen Wärmeregulation, vermehrter Kreislaufbelastung und Herz- und Kreislauferkrankung. Der von KOLLER[41] beobachtete jahreszeitliche Unterschied der Todesfälle an Herz- und Kreislauferkrankung (für unsere geographische Breite Maximum im Winter, Mi-

nimum im Sommer) findet in THAUERs[50] Überlegung seine Erklärung.

ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem die Bedeutung des Gesichtes für die Thermorezeption und die Wärmeabgabe herausgestellt wurde, folgen Berichte über Bestimmungen des Wärmedurchgangs der Wangenhaut. Diese Messungen wurden mit dem strömungskalorimetrischen Verfahren nach HENSEL[32,33] an gesunden und leichtkranken Versuchspersonen Versuchspersonen durchgeführt.

Zunächst wird die Differenz der Wärmeabgabe zwischen Mann und Frau an 20 Männern und 18 Frauen untersucht und auf die Körperoberfläche bezogen. Dabei ergab sich bei beiden Geschlechtern ein linearer Anstieg der Wärmedurchgangszahl, was für eine thermoregulatorische Mehrbelastung der Wangenhaut bei(bekleideten) Personen größerer Körperoberfläche spricht, weiterhin ein absoluter Unterschied zwischen den Werten von Mann und Frau, entsprechend dem bekannten geschlechtseigentümlichen Grundumsatzunterschied.

In einer weiteren Versuchsreihe wird die Reaktion der Wangendurchblutung auf den thermischen Reiz von 31°C an 57 Männern in 150 Messungen untersucht. Die Reaktion zeigte eine Abhängigkeit vom Durchblutungszustand der Wangenhaut in dem Sinne, daß der durch den Kältereiz verursachte Rückgang der Durchblutung bei größerer Durchblutung relativ kleiner wurde. Der Kurvenverlauf spiegelt außerdem eine hohe Empfindlichkeit des Vasomotoriums wieder. Die beobachtete starke Reaktion der Gefäße auf den geringen thermischen Reiz wird als Beweis für die starke Kreislaufbelastung des Menschen als Folge seiner dauernden Anpassung an die Umgebungstemperatur angesehen.

Am Ende dieser Arbeit sage ich Herrn Prof. Dr.med. H. Franke für die freundliche Überlassung des Themas meinen aufrichtigen Dank.

Ferner ist es mir eine Pflicht, Herrn Dr. Schröder, wissenschaftlicher Assistent der Medizinischen Poliklinik, für seine Anregungen bei der Durchführung der Arbeit zu danken.

Literatur - Verzeichnis

1. ALLWOOD,M.J.and H.S.BURRY — J.Physiol.124,345(1954).
2. ASCHOFF,J. — Pflügers Arch.247,469(1944); 249,125(1948).
3. ASCHOFF,J. — Pflügers Arch.248,149(1944).
4. ASCHOFF,J. — Pflügers Arch.248,173(1944).
5. ASCHOFF,J.: — Pflügers Arch.248,436(1944).
6. ASCHOFF,J. — Pflügers Arch.249,112(1947).
7. ASCHOFF,J. — Pflügers Arch.249,148(1947).
8. ASCHOFF,J. — Kli.Wschr.1955,545.
9. BARCROFT,H. and O.G.EDHOLM — J.Physiol.102,5(1943)
10. BAZETT,H.C.,L.LOVE,M.NEWTON L.EISENBERG,R.DAY and R.FORSTER — J.Appl.Physiol.1,3C(1948)
11. BAZETT,H.C., E.S.MENDELSON, L.LOVE and LIBET,R. — J.Appl.Physiol.1,169,(1948).
12. BAZETT,H.C. — Amer.J.Med.Sci.218,483(1949)
13. BAZETT,H.C.,B.Mc.GLONE, R.J.BROCKLEHURST — J.Physiol.69,102(1930)
14. BOOTBY,W.M.,J.BERKSON and H.L.DUNN — Amer.J.Physiol.116,468(1936)
15. B URTON,A.C. and H.C.BAZETT — Amer.J.Physiol.117,36(1936)
16. BRÜCK,K. und H.HENSEL — Pflügers Arch. 257,70(1953)
17. B ÜTTNER,R. — Strahlenther.55,333(1936)
18. COOPER,K.E.,K.W.CROSS, A.D.M.GREENFIELD,D.Mc. HAMILTON and H.SCARBOROUGH — Clin.Sci.8,217(1949) zit.n. ALLWOOD,M.J. and H.S.BURRY: J.Physiol.124,345(1954)
19. CRANSTON,W.I.,J.GERBRANDY and E.S.Snell — J.Physiol.126,348(1954)
20. DEMLING,L. und J.ZACH — Kli.Wschr.1954,1054.
21. DUBOIS,P. und E.F.DUBOIS — Arch.int .Med.15,868(1915).
22. EBBECKE,U. — Pflügers Arch.247,222(1943)
23. EBBECKE,U. — Kli.Wschr.1944,141.

24. FRANKE,H. und J.SCHRÖDER — Dtsch.Arch.f.klin.Med.202,320(1950)

25. FREEMAN,H. and R.F.NICKERSON — J.Nutrit 15,593(1938), zit.n.MURLIN,J.R.:Erg.d.Physiol.42 153(1939)

26. FRIEDELL,H.L. — J.Amer.Med.Ass.152,897(1953)

27. GOETZ,R.H. — Pflügers Arch.235,271(1935)

28. GREENFIELD,A.D.M.,G.A.KERNOHAN, R.J.MARSHALL,J.T.SHEPHERD and R.F.WHELAN — J.Appl.Physiol.4,37(1951)

29. HAMM,J. und D.METZ — Dtsch.Arch.f.klin.Med.202,67(1955)

30. HATFIELD,H.S. — J.Physiol.111,10p(1950)

31. HENSEL,H. — Erg.d.ges.Physiol.139,214(1950)

32. HENSEL,H. — Pflügers Arch.252,103(1950)

33. HENSEL,H. — Z.exper.Med.117(587(1951).

34. HENSEL,H. — Erg.d.ges.Physiol.148,391(1952)

35. HENSEL,H. — Z.Kreislauffschg.41,251(1952)

36. HERRINGTON,L.P. — Amer.J.Physiol.129,123(1940)

37. HERTZMANN,A.B. and L.W.ROTH — Amer.J.Physiol.136,692(1942)

38. KÖNIG,F.H. — Pflügers Arch.246,693(1943)

39. KÖNIG,F.H. — Kli.Wschr.1943,I.45.

40. KOHLRAUSCH,F. — Praktische Physik,Bd.I.Leipzig 1953

41. KOLLER,S. — Arch.Kreislauffschg.1,225(1937)

42. KORTH,C. and S.H.PROGER — Amer.J.Physiol.107,55(1934)

43. LANG,K. und O.F.RANKE — Stoffwechsel und Ernährung Berlin-Göttingen-Heidelberg 1950

44. LEWIS,Th. — Die Blutgefäße der menschlichen Haut. Berlin 1928.

45. MATTHEIS,K. — Kreislaufforschungen am Menschen m. fortlaufend registrierten Methoden. Stuttgart 1951.

46. REIN,H. — Z.Biol.89,319(1929)

47. ROTH,G.M. and CH.SHEAD — Circulation 1,1142(1950)

48. SCHOFFA,G. Z.inn.Med.8,829(1953)

49. SELLE,W.A. Body Temperature its Charges with Ewironment, Disense and Therapy. Sprinfield/III.,Ch.C.Thomas 1952

50. THAUER,R. Jahrb.d.Max Planck-Ges.1954,194.

51. THRON,H.L. Ber.über d.ges.Physiol.und exp. Pharmakol.172,126(1954)

52. WAGNER,R.,D.J.ATHANASION und E.BAUEREISEN Z.Biol.104214(1951)

53. WEBER,H. Pflügers Arch.248,143(1944)

54. WEZLER,K. und G.NEUROTH Z.exp.Med.115,127(1949)

Lebenslauf

Am 11. Februar 1924 wurde ich als Sohn des Schlossermeisters August Werth und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Jung, in Rockershausen / Saar geboren.

Von meinem 6. Lebensjahr ab besuchte ich in meinem Geburtsort die Volksschule und trat 1934 in die Reform-Real-Schule in Völklingen ein. Von dort wurde ich im Februar 1943 bei der Einerufung zur Wehrmacht mit der Vorsemesterbescheinigung entlassen und erwarb im Juli 1946 an der gleichen Schule das Reifezeugnis.

Von Februar 1943 bis Kriegsende war ich Soldat.

Im Sommersemester 1951 immatrikulierte ich mich als Studierender der Zahnmedizin an der Theol.- Philosoph. Hochschule zu Regensburg. Im Oktober 1952 bestand ich hier die zahnärztliche Vorprüfung. Am 13. Mai 1955 legte ich in Würzburg, wo ich mich im Wintersemester 1952/53 zum weiteren Studium eingeschrieben hatte, die zahnärztliche Prüfung ab. Anschließend war ich als Assistent in verschiedenen Praxen tätig.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und außer der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsquellen benutzt habe.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich bisher von keiner anderen Seite ein Dissertationsthema zur endgültigen Bearbeitung erhalten habe.

Werner Werth

RUDOLF BAEHR DRUCK- UND WERBETECHNIK
WÜRZBURG KLOPFSTEINSTR. 5